12.

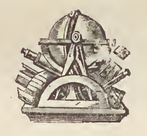
DISCURSOS

LEIDOS ANTE

LA REAL ACADEMIA DE CIENCIAS EXACTAS, FISICAS Y NATURALES,

EN LA RECEPCION PÚBLICA DE

D. FRUTOS SAAVEDRA MENESES.



MADRID.

IMPRENTA Y LIBRERÍA DE D. EUSEBIO AGUADO.—PONTEJOS, 8.

1862.

DISCURSO

DEL SEÑOR

DON FRUTOS SAAVEDRA MENESES

SOBRE

LOS PROGRESOS DE LA GEODESIA.

Señores:

Grande es la emocion que esperimento al elevar mi débil voz en este santuario de la ciencia, ante la ilustre Academia que se ha dignado llamarme á su seno, dispensándome una honra tan superior á mis escasos merecimientos. En vano intentaría corresponder á vuestra benevolencia buscando palabras capaces de manifestaros toda mi gratitud; hay sentimientos imposibles de espresar, pero que, grabándose en el corazon, duran tanto como la vida.

A mi profundo reconocimiento se enlaza el recuerdo del distinguido Académico D. Manuel Fernandez de los Senderos, para cuya vacante me habeis designado, queriendo darme así un noble modelo que imitar, y hacerme aún mas sagrada la memoria del que fué, durante muchos años, mi bondadoso gefe y amigo. Gozando desde muy jóven merecido renombre por sus trabajos científicos, las puertas de este recinto, de donde tan pronto debia arrebatarle la muerte, le fueron abiertas á consecuencia de una obra de grande importancia escrita para la escuela de Segovia, cuya enseñanza dirigió con singular acierto, imprimiéndole el mas vigoroso impulso.

2

Séame lícito, pues, ya que como discípulo y como profesor he pasado los dias mas apacibles de mi vida, bajo las bóvedas mudejares del histórico Alcázar segoviano, tributar este público homenaje de gratitud al sabio artillero á quien tanto debe aquel antiguo y célebre establecimiento de instruccion militar.

Careciendo por completo de las dotes que adornaban á mi antecesor, sólo puedo esplicarme vuestro benévolo sufragio considerando que habeis querido galardonar en mí, siquiera fuese el mas humilde de todos, á ese grupo de militares españoles, que bajo la direccion de ilustres miembros de esta Academia, se consagra desde hace ocho años á los trabajos geodésicos del mapa de nuestro pais, trasportando sin cesar sus débiles tiendas y sus delicados instrumentos de observacion, de una en otra cumbre de nuestras elevadas montañas. A la memoria de aquellas tareas, tanto mas inolvidables cuanto mas penosas, se unirá siempre en mi corazon el grato recuerdo de la fraternal armonía con que eran llevadas á cabo; y por lo mismo esperimento, Señores, un vivo placer al veros dispensar vuestro poderoso patrocinio á tan útil empresa, de la cual decia hace mas de medio siglo el insigne Jovellanos: «Ojalá que, reuniendo tantas luces astronómicas »y geométricas, como andan dispersas y ociosas por nuestra »juventud militar, se las consagre á una nueva y exacta carta »de nuestra Península.»

Puesto que á mi participacion, harto insignificante, en estos trabajos geodésicos creo deber la señalada honra de sentarme entre vosotros, justo será que al cumplir la prescripcion impuesta por los estatutos académicos, elija para tema de mi pobre discurso los adelantamientos sucesivos de la geodesia y de las ciencias mas íntimamente enlazadas con ella, partiendo de los primeros esfuerzos hechos para conocer la mag-

nitud de la tierra, hasta llegar á las exactísimas operaciones que ejecutan hoy con igual objeto todos los pueblos cultos del globo. Y al presentaros, confiando en vuestra indulgencia de que tanto he menester, reducido á pálido bosquejo, lo que debiera ser magnífico cuadro, no estrañareis me detenga á recordaros con especial complacencia, la parte tomada por los españoles en tan gloriosos trabajos: que si la ciencia en sus elevadas concepciones no reconoce comarcas ni fronteras, no por eso la noble herencia de nuestros antepasados y el santo amor de la patria dejarán de ser, como han sido siempre, poderoso estímulo de progreso, al par que manantial fecundo de grandes y generosas acciones.

El juicio cuantitativo que, apareciendo ya en los primeros movimientos del niño á la vista de los objetos que le son *mas* ó *menos* gratos, llega en la mente del sábio á trasformarse en inquebrantable cadena de rigorosas verdades; esta nocion de cantidad, inseparable del pensamiento humano, debió dar orígen desde los primitivos tiempos á las ideas de número y medida, sin las cuales no es posible concebir las mas sencillas relaciones de la vida social. Los antiguos pueblos que nos presenta la historia habitando las comarcas bañadas por el Hoangho y el Kiangho, el Ganges y el Indo, el Tigris y el Eufrates, el Jordan y el Nilo, poseian ya sistemas de numeracion, y los demas rudimentos primordiales de las matemáticas. ¿Y cómo sin ningun conocimiento aritmético hubiera adquirido su vasto desarrollo el comercio de los fenicios, tan admirablemente cantado por Ecequiel; ni de qué modo, careciendo de toda nocion de geometría y mecánica, hubieran podido llevarse á cabo las gigantescas construcciones de Ellora, de Babilonia y de Ménfis?

El sublime espectáculo de la bóveda celeste, debió arrebatar siempre la admiracion de cuantos elevasen su mirada á

contemplar tanta grandeza; y la marcha de esos brillantes luminares, que aparecen girando en el espacio con asombrosa regularidad, sirvió á los antiguos como á los modernos pueblos para medir el tiempo, proporcionando segura guia á los que se dedicaban al cultivo de los campos. Natural era que aspirando el hombre á establecer relaciones de comparacion entre los cuerpos celestes, dirijiera su pensamiento hácia la forma y magnitud de la tierra que le sirve de morada. Se la consideró en remotos tiempos como una extensa llanura cercada por las aguas, y se le atribuyeron mas tarde diversas curvaturas; pero ya la suponian de figura redonda los astrónomos Caldeos, los cuales, al decir de Aquiles Tacio, opinaban que podia darse la vuelta á nuestro globo, marchando á pié y sin detenerse durante todo un año.

El pueblo griego, dotado del mas admirable sentimiento estético, y que en casi todas las manifestaciones del arte debia legar al mundo modelos de inimitable belleza, estaba llamado igualmente á dar forma científica y ordenado desarrollo á las imperfectas nociones que de los diversos ramos del saber humano poseian los sacerdotes de Babilonia y del Egipto. Introducido en Grecia el estudio de las matemáticas por el fundador de la escuela jónica, y generalizado por los pitagóricos, recibe del genio de Platon nuevos y poderosos métodos, que permiten á los geómetras marchar con seguro paso al descubrimiento de las mas importantes verdades. Presentando Aristóteles en sus obras el cuadro completo de la sabiduría de su tiempo, no era posible que dejase de considerar en su conjunto la masa de la tierra, cuya forma esférica defiende contra los extraños asertos de algunos filósofos, indicando que los matemáticos, al tratar de la magnitud del globo, le suponian hasta cuatrocientos mil estadios de circunferencia.

Perdidas las virtudes cívicas de los antiguos helenos, perdióse bien pronto el puro sentimiento de lo bello; y cuando Atenas aparece ya en lamentable decadencia, el genio de la Grecia va á refugiarse en las playas del Egipto, iluminando con sus últimos resplandores la nueva ciudad fundada por Alejandro. En vano intentaria buscarse en este período la elevacion de pensamientos y la viril elocuencia de mas gloriosos dias; las matemáticas, sin embargo, cultivadas por geómetras como Euclides y Apolonio, continuan en no interrumpido progreso: que la ciencia de las verdades abstractas, si puede eclipsarse en épocas de ignorancia, como se eclipsa el astro del dia, conserva siempre el noble privilegio de no admitir corrupcion ni retroceso.

Miéntras brillaba en Sicilia el grande Arquímedes, enriqueciendo la geometría y la mecánica con magníficos descubrimientos, el célebre Eratóstenes, custodio de los tesoros científicos y literarios de la biblioteca de los Tolomeos, daba la primera idea del modo de determinar la magnitud de la tierra. Sabiendo que en el solsticio de estío el sol iluminaba completamente los pozos de Siene, y hallando que en Alejandría la sombra quedaba reducida durante dicho solsticio á un cincuentavo de circunferencia, dedujo, en el equivocado supuesto de hallarse las dos ciudades bajo un mismo meridiano, que la distancia entre ellas, valuada próximamente en cinco mil estadios, debia ser la cincuentava parte de la circunferencia terrestre. Con igual objeto parece llegó á emplear Eratóstenes otra distancia tambien de cinco mil estadios entre Siene y Meroe; pero solo del primer cálculo se tiene segura noticia, habiendo sido muy celebrado por los escritores de la antigüedad.

Poco tiempo despues asignaba sin embargo á la tierra magnitud mas considerable el sabio Hiparco, verdadero

fundador de la Astronomía científica, que proponiendo para fijar los diversos lugares del globo el sistema de latitudes y longitudes, y determinando estas últimas por la observacion de los eclipses de la luna, debia contribuir poderosamente á los adelantos de la geografía. Otras valuaciones del meridiano terrestre que presenta Cleomedes, como deducidas de la altura de determinadas estrellas sobre los horizontes de Alejandría y Rodas, Lisimaquia y Siene, se apoyan en distancias y observaciones evidentemente inexactas, no ofreciendo por lo tanto interés alguno para la historia del conocimiento de nuestro planeta.

Aleccionados por los griegos en la literatura y en las artes, no utilizaron los romanos el rico tesoro de verdades científicas que poseian sus maestros, encontrándose apénas durante largos siglos un escritor latino que merezca el nombre de geómetra, como si aquel gran pueblo, consagrado á extender su dominacion y sus leyes por todo el mundo entónces conocido, no pudiese apartar sus ojos de tan colosal empresa, para fijarlos en las puras regiones de la abstraccion matemática. César, sin embargo, astrónomo al par que literato y guerrero, promueve la reforma del calendario, y abre con sus victorias el Occidente á la geografía, como Mitridates y Alejandro le habian abierto el Norte y el Oriente.

Apénas fundado el imperio romano, se encarga á los geómetras griegos la medicion del territorio de las diversas provincias, trabajo ejecutado ya en la China desde varios siglos ántes. Consagran su pluma á la propagacion de los conocimientos astronómicos y geográficos algunos autores de levantado estilo, contándose entre ellos, para gloria de nuestra patria, Séneca y Pomponio Mela. Con mas copia de principios científicos lleva á cabo Tolomeo su Sintáxis matemática, estableciendo en otras obras igualmente célebres las reglas geomé-

tricas para representar sobre un plano la superficie curva de la tierra , cuya circunferencia calcula en 180.000 estadios; si bien de esta valuacion, como de todas las anteriores, no podemos formar cabal juicio, ignorándose en la actualidad la longitud exacta de las medidas itinerarias citadas por los escritores antiguos.

Cuando, muerto ya el espíritu de la antigua Roma, los bárbaros del Norte se preparan á invadir el imperio y á hollar bajo su planta los restos de la cultura latina, el poeta español Festo Avieno canta todavía los descubrimientos astronómicos de los griegos, casi completamente olvidados mas tarde, al presentar San Isidoro de Sevilla en sus célebres Orígenes el resúmen de todos los conocimientos de su tiempo.

Si los sectarios de Mahoma, cayendo cual impetuoso torrente sobre el Asia y el Africa, aparecen como enemigos de la ilustracion, bien pronto, en las comarcas que habitaron los Caldeos, se observan de nuevo los cuerpos celestes con instrumentos de grandes dimensiones, brillando en las opulentas ciudades del Oriente el sutil ingenio y la viva fantasía de los escritores árabes. Un siglo despues de la medida de tres pequeños arcos del meridiano terrestre, ejecutada por los chinos hácia el año 725 de nuestra era, los sabios mahometanos, á quienes dispensaba generosa proteccion el califa Almamon, determinaron la altura del polo en un punto de la llanura de Sindschar, en Mesopotamia; y marchando parte de ellos hácia el norte y otros hácia el sur hasta encontrar un grado de diferencia en la indicada observacion del polo, dedujeron de las distancias recorridas, que la circunferencia de la tierra era de 20.400 millas. Algun tiempo después llegó á medirse en la China un arco de tres grados; y diversos historiadores musulmanes hacen mencion de operaciones semejantes á la

de Sindschar, efectuadas en las cercanías de Medina, de Bagdad y de Palmira.

Estos trabajos, aun cuando deben ser considerados como simples ensayos, prueban la actividad científica de los árabes, que tomando de la India el sistema de numeracion decimal y los principios de álgebra, apénas indicados por el griego Diofanto, perfeccionando las teorías trigonométricas y astronómicas, y dedicándose á la experimentacion física, conquistaron un distinguido lugar en la historia de los progresos del espíritu humano.

Fundado el Califato de Occidente, multiplícanse en la España muslímica las escuelas y academias, acudiendo á ellas de diversos paises y no obstante las antipatías religiosas, algunos de aquellos estudiosos monjes, depositarios del escaso saber que poseia la Europa durante la edad media. Rivaliza Córdoba con Bagdad en magnificencia y cultura, al mismo tiempo que florece en Sevilla el matemático Geber, y da á luz sus tablas Toledanas el sabio Arzachel, autor de otros notables trabajos astronómicos, así como de una proyeccion de los hemisferios terrestres superior á las de Tolomeo. El pueblo judío, prófugo y disperso por diferentes climas y naciones, se consagra en la península Ibérica, mas que en ningun otro pais, al cultivo de la inteligencia, sobresaliendo en las matemáticas los rabinos españoles Abraham Chiia, y Moises Muyemon. Quebrantado el poder agareno por el esfuerzo de nuestros antepasados, procuran éstos, á medida que avanzan en la gloriosa reconquista del suelo patrio, asimilarse los conocimientos de los árabes, cuyas obras traducen, ya al idioma latino, como lo hace Juan de Sevilla con las de Alfragan, ya al romance vulgar, que iba alcanzando de dia en dia mayor regularidad y belleza.

El siglo XIII presenta el notable espectáculo de un gran

número de príncipes que cultivan y fomentan el estudio de las ciencias. El Pontífice Urbano IV, Federico II de Alemania, Manfredo de Sicilia, Holagu en Persia, Kobilai en la China, se rodean de hombres ilustres por sus conocimientos; pero sobre todos aquellos monarcas protectores de la ilustracion, descuella la gran figura del sabio Alfonso de Castilla, que enriquece y perfecciona con sus escritos la lengua patria, dicta como legislador un Código inmortal, y funda en su corte de Toledo la primera Academia científica del Occidente cristiano. Reunidos en ella gran número de geómetras y astrónomos de diversos paises, calculan de nuevo las relaciones trigonométricas, dadas á conocer entre los árabes por Alkoresmi, y que empiezan entónces á ser designadas en romance castellano con los nombres de *signos llanos*, *signos del complimiento*, *saetas*, *sombras conversas* y *sombras espandidas;* proyectan no solo clepsidras semejantes á las antiguas, sino relojes de máquina como el notabilísimo de *argento vivo;* y estableciendo reglas precisas para la construccion de astrolábios y cuadrantes de *rectificar* con sus *alhidadas* y *axatabas*, se proporcionan los medios de conocer con notable exactitud la marcha del sol, y de formar las célebres Tablas Alfonsinas, que habian de ser durante largo tiempo las únicas usadas en Europa. Tomaban parte en estas científicas tareas, dirijidas por el sabio Monarca, no solo árabes y judíos, como han supuesto algunos historiadores, sino tambien entendidos cristianos, contándose entre ellos el clérigo Guillen Daspa, y los maestros Juan de Cremona, Fernando de Toledo y Juan de Mesina. Al evocar el recuerdo de aquellos ilustres varones en el seno de la moderna Academia de ciencias, permitido me será felicitarla por su noble propósito de elevar un monumento imperecedero á la memoria de la antigua Academia Toledana, dando á la estampa el precioso Códice *Del saber de*

astronomía mandado escribir por el Rey Alfonso, como insigne testimonio del adelantamiento que alcanzaron los estudios científicos en medio de las guerras y turbulencias que ajitaban entónces á Castilla.

Las piadosas y caballerescas espediciones de los cruzados, habian influido poderosamente en el desarrollo de la navegacion, á cuyos progresos contribuyeron los españoles, no solo formando el primer Código de derecho marítimo, sino tambien estableciendo las bases fundamentales de la ciencia náutica. En varios escritos del célebre mallorquin Raimundo Lulio se dictan reglas para determinar la hora en el mar por medio del astrolabio, y se enseñan los métodos gráficos de marcar las derrotas, confirmando la indicacion de una ley de las Partidas, que presenta ya generalizado entre los marinos el uso de la brújula, conocida desde largos siglos en la extremidad oriental del Asia, y cuya aplicacion á las empresas navales debia facilitar en gran manera el conocimiento de nuestro globo. Tanto los chinos como los egipcios y griegos habian representado gráficamente los paises que habitaban ó de que tenian noticia, siguiendo su ejemplo los romanos, y llegando los árabes á poseer mapas de tan esmerada ejecucion como los del sevillano Alzeyat. En 1374 forman los catalanes un precioso Atlas conservado hasta nuestros dias, y utilizando los viajes mas recientes hechos á las costas del Africa, trazan Mecía de Viladestes en 1413, y poco despues Gabriel de Valseca, compatriota de Lulio, sus grandes cartas geográfico-marítimas. De Mallorca era tambien el maestro Jaime, llamado por el Infante D. Enrique de Portugal para dirijir la famosa Academia de Sagres, compuesta de ilustres cosmógrafos, que perfeccionan el astrolabio de mar, arreglan las tablas de declinacion del sol, y formando hábiles navegantes, preparan los inmortales descubrimientos canta-

dos por Camoens, en los cuales habia de cifrarse la gloria mas pura de la nacion portuguesa.

Ocupa por entónces el trono de Castilla la magnánima Señora que, dando á su pueblo claro ejemplo de virtudes privadas, corrijiendo con incansable afan los vicios sociales, llevando á feliz término la lucha contra el invasor mahometano, y descubriendo el resplandor del genio en la frente de Colon, debia legar á la historia el mas acabado modelo de matronas y de reinas. Poseida de noble amor al saber, honra con su presencia las discusiones del Estudio general de Salamanca; enseña á los valerosos capitanes, con quienes comparte las glorias de Baza y de Granada, que la cultura de la inteligencia no está reñida con los alientos del corazon, y como dice un erudito escritor: «por no dejar de emprender »todas las cosas grandes y conseguirlas, manda tambien for»mar unas tablas astronómicas.»

Entre las ilustraciones literarias y científicas de aquel reinado descuella el insigne Antonio de Lebrija, que escribe una Cosmografía muy notable en su tiempo, y á fin de comprobar la magnitud atribuida al globo por Tolomeo, lleva á cabo la medicion de un grado de meridiano, examinando varios monumentos romanos de Estremadura con objeto de conocer la longitud de las medidas antiguas, para cuyo estudio se sirve tambien de las columnas miliarias del camino de la Plata, entre Mérida y Salamanca: trabajos que precedieron á las perseverantes investigaciones de Ocampo, Sepúlveda, Esquivel, Chacon, Mariana y los sabios metrólogos modernos, entre los cuales figura hoy con gran renombre el distinguido Académico que me dispensa la honra de presentarme ante vosotros, y cuya autorizada y elocuente palabra embargará dentro de breves momentos toda vuestra atencion.

Los estudios matemáticos cultivados con éxito en Ale-

mania y en Italia, recibieron nuevo impulso cuando fué posible consultar directamente, y reproducir por medio de la imprenta los escritos de la escuela de Alejandría, comunicados á las naciones occidentales por los griegos que abandonaban el imperio de Bizancio, cuya capital iba bien pronto á caer bajo la servidumbre de los turcos. El profesor Glareano en Suiza, y Oroncio Fineo, sirviéndose de la distancia entre Tolosa y París, procuraron comprobar las antiguas indicaciones sobre la magnitud del globo, asegurando igualmente su contemporáneo Fernel haberse valido para medir un grado de meridiano al norte de la última de dichas ciudades, del número de vueltas dadas por la rueda de un carruaje: medio tanto mas inexacto, cuanto que no empleó para contarlas ninguno de los aparatos mecánicos usados al efecto por los romanos y mucho ántes por los chinos.

Continuaban entre tanto los marinos españoles y portugueses la série de sus magníficos descubrimientos, viniendo la espedicion para siempre memorable de Magallanes y Elcano á demostrar prácticamente la redondez de la tierra, y á dar idea de su magnitud por la marcha de las *naos* medida con la *cadena de popa,* orígen de la moderna corredera. Los principios de cosmografía y náutica, tan necesarios en aquella época de grandes navegaciones, son esplicados en lengua vulgar por Martin Fernandez de Enciso, consagrándose al propio tiempo á la enseñanza dentro y fuera de España los distinguidos matemáticos Ciruelo, Frias, Lax, Oliver, Tomás, los hermanos Torrellas y Juan Martinez Siliceo, elevado mas tarde á la silla arzobispal de Toledo, y á la púrpura cardenalicia. Con objeto de dirimir las contiendas sobre demarcacion de límites entre los dominios coloniales de España y Portugal, se reune en 1524, cerca de Badajoz, un célebre congreso geográfico-astronómico; y varias juntas de entendi-

dos geómetras, convocadas sucesivamente en Sevilla, perfeccionan el *Padron general* de las tierras descubiertas en Indias. Recompensa espléndidamente Carlos V los trabajos de su cosmógrafo Apiano, y asiste con los nobles de su corte á las lecciones de Alonso de Santa Cruz, autor de nuevos métodos é instrumentos de astronomía náutica, al cual se debe el primer mapa de las *variaciones* magnéticas, así como los principios de las cartas esféricas, perfeccionadas despues por Mercator y Eduardo Wright.

En poco mas de medio siglo los intrépidos navegantes salidos de los puertos de la península Ibérica habian dado á conocer á la Europa las dos terceras partes de la superficie terrestre, representando gráficamente el contorno de las costas, reconociendo la diversa temperatura de las aguas en las corrientes oceánicas, observando la constancia de los vientos alísios, y describiendo con los mas vivos colores el admirable espectáculo del cielo austral. Oviedo, Acosta, Hernandez, Garcilaso y otros entendidos españoles se consagran á la esploracion científica de los paises conquistados por Cortés y Pizarro, acumulando en bellas colecciones y reproduciendo en magníficos dibujos las riquezas botánicas y zoológicas del clima tropical, así como los productos minerales y los grandes osamentos fósiles que habian de servir mas tarde para fijar las edades de los diversos terrenos. Estudian tambien aquellos diligentes observadores la topografía de los distintos paises, los efectos de las erupciones volcánicas, las distancias á que se estienden los temblores de tierra, la frecuencia é intensidad de las descargas eléctricas, el estado higrométrico del aire, la temperatura reinante en las diferentes comarcas, y el límite inferior de las nieves perpétuas bajo diversas latitudes, estableciendo así, como lo reconocen los sabios modernos, casi todas las bases fundamentales de la física del globo.

Las aplicaciones del álgebra, que siguiendo el ejemplo de los árabes habian empezado á hacer los italianos, sirvieron de estímulo al célebre Pedro Nuñez, profesor de la Universidad de Coimbra, para publicar en lengua castellana una esposicion razonada de aquella ciencia, tratando extensamente del *algorithmo de las dignidades*, así como de las igualaciones, y de la *práctica del álgebra en los casos de geometría.* No es menos importante la obra del mismo autor en que, desarrollando las ideas emitidas acerca de la refraccion por Tolomeo y Alhacen, determina la duracion de los crepúsculos, valiéndose de fórmulas confirmadas por los cálculos modernos. En uno de sus diversos trabajos sobre náutica y cosmografía, establece tambien los primeros fundamentos de la línea loxodrómica, exponiendo en otros su método para hallar las longitudes por la situacion de la luna, así como el de conocer la magnitud de la tierra, midiendo la zona en que desaparecen las sombras el dia del solsticio. Con el nombre latino de este sabio portugués se designa todavía el medio mas generalmente usado en los limbos de los instrumentos para apreciar las pequeñas fracciones de la graduacion, si bien el *nonio* actual, debido al francés Vernier, difiere de las varias circunferencias desigualmente divididas que habia imaginado Nuñez.

El siglo de oro de la literatura española fué tambien para nuestra patria el mas fecundo en hombres de ciencia, oyéndose en la Academia de matemáticas establecida en el palacio mismo del Monarca, las lecciones de los sabios profesores Céspedes, Onderiz, Angel y Cedillo, en tanto que circulaba por Europa, traducido á todos los idiomas, el *Arte de navegar* del cosmógrafo Pedro de Medina, y se estendia el uso del nuevo astrolabio de Juan de Rojas, alcanzando general renombre por su vasto saber, así como por la exactitud de sus

observaciones astronómicas, el maestro Gerónimo Muñoz, citado con gran elogio por Tycho-Brahe. Brillaban al propio tiempo en nuestras célebres Universidades, ó escribian sobre diversos ramos de las ciencias, matemáticos como Monzó, Segura, Moya, Cortés, Zamorano, Rocamora y tantos otros. El Pontífice Gregorio XIII consultó á la Universidad de Salamanca ántes de llevar á cabo la memorable reforma del calendario, disponiendo que todos los trabajos hechos al efecto en Roma fuesen definitivamente correjidos por el famoso Clavio y el insigne español Pedro Chacon, que habia escrito ya con notable acierto sobre esta materia, tratada tambien por sus compatriotas Sepúlveda y Salon.

Las operaciones geodésicas, basadas desde el tiempo de Eratóstenes en simples distancias itinerarias ó en medidas hechas directamente al través de grandes llanuras, iban á recibir nueva forma con la aplicacion del método trigonométrico, que permitiendo operar mas rápidamente y en toda clase de terrenos, debia ofrecer vastísimo campo á la ciencia que tiene por objeto el estudio matemático del globo. Al ilustre español Pedro Esquivel corresponde la gloria de haber empleado por vez primera los triángulos geodésicos, en la famosa *Descripcion* de nuestro territorio mandada hacer por Felipe II. Habíanse publicado ya mapas de Galicia, de Aragon, del reino de Sevilla, y otros generales de la Península, debidos á Santa Cruz y á Medina, cuando el Rey dispuso que se reconociesen y *marcasen por vista de ojos todos los lugares, rios, arroyos y montañas, por pequeños que fuesen, en su puntual situacion*, cuyo trabajo confió al habilísimo Esquivel, el cual, despues de construir gran número de instrumentos, algunos de notable magnitud, operó con ellos en la mayor parte de España, consignando el resultado de sus observaciones en una magnífica carta, admirada por los hombres mas entendidos de aquel tiempo. Tan preciosa obra

pereció, segun se cree, en el voraz incendio que un siglo despues estuvo á punto de destruir completamente el suntuoso monasterio del Escorial; pero se conservan las relaciones topográficas de mas de seiscientos pueblos, así como un gran mapa de Cataluña, dado por entónces á la estampa, y al que siguió otro no ménos extenso de Aragon, formado por los distinguidos profesores Juan Labaña y Pablo de Rojas.

Vivamente interesada en los adelantos marítimos, la España, que debia al levantado espíritu é incansable perseverancia de sus hijos la mas vasta de las dominaciones coloniales, fué tambien la primera en señalar una espléndida recompensa al que descubriese medios seguros de conocer las longitudes en el mar, ejemplo imitado despues por otras naciones, y muy particularmente por Inglaterra.

Los matemáticos italianos habian conseguido igualar y aun superar á los orientales en el desarrollo de las fórmulas algébricas, elevadas despues á mayor generalidad por Viete, Harriot y Descartes, el cual debia aplicarlas con éxito estraordinario á la investigacion de las propiedades de las curvas geométricas. Coordinando y difundiendo las ideas de los antiguos pitagóricos sobre el movimiento de la tierra, da su nombre Copérnico al admirable sistema que presenta todos los planetas girando en torno del astro que los ilumina; hipótesis combatida por el gran observador Tycho-Brahe, pero que el inmortal Kepler viene á confirmar, descubriendo las sublimes leyes impuestas por el Supremo Hacedor á la marcha de los cuerpos celestes. En medio de tan prodigiosos adelantos no pueden recordarse sin pesar las violentas censuras de que fueron objeto los sostenedores de la nueva ciencia del universo, y mayor sentimiento causa todavía ver al célebre Galileo detenido y obligado á retractarse de su luminosa doctrina; pero justo parece añadir, sin embargo, rindiendo homenaje á

la verdad histórica, que la Italia del siglo XVII no sumió nunca al mas ilustre de sus geómetras en el *calabozo impío* en que nos le presenta, siguiendo á extraños y mal informados escritores, un inspirado vate de nuestra patria. Honra ciertamente á la Universidad de Salamanca el haber sido la primera de Europa que adoptó como texto para la pública enseñanza la grande obra de Copérnico sobre las revoluciones de los orbes celestes, defendida desde su aparicion por el sabio teólogo español Diego de Zúñiga, el cual demostró, comentando los sagrados libros, que hay en ellos pasajes donde se afirma el movimiento de la tierra de una manera mas clara y positiva que en cuantos se citan como pareciendo indicar lo contrario.

El holandés Snell, á quien se debe el descubrimiento de la ley de la refraccion, é importantes teoremas de trigonometría esférica, se ocupó tambien desde 1615 en unir las principales ciudades de su pais con una red de grandes triángulos, deduciendo de ellos, y de las latitudes observadas en distintos vértices, la magnitud de un grado del meridiano terrestre. Los instrumentos de que hizo uso en este trabajo tenian, como los de Tycho-Brahe, alidadas ordinarias y limbos subdivididos por medio de diagonales, habiendo empleado para enlazar con su triangulacion el observatorio astronómico de Leiden, visuales dirijidas desde dicho punto á otros tres ya conocidos, lo cual le condujo á resolver el problema análogo de geometría, objeto en la antigüedad de las investigaciones de Euclides é Hiparco. Sobre el mismo terreno, y siguiendo igual proceder, trabajó algun tiempo despues el geógrafo Blaeu; pero el sistema de triangulaciones se difundió sin embargo con lentitud, y en 1635 empleaba todavía Norwod la medicion directa del camino entre York y Lóndres pará determinar un arco de meridiano, imitándole Briecio en su cálculo, basado sobre la distancia de Abbeville

á Calais; si bien esta segunda operacion no puede compararse en esmero y exactitud con la del sabio profesor inglés.

El gran Kepler habia tomado como elementos para determinar el radio de la tierra la longitud de la recta que une dos montañas distantes, y los ángulos formados por esta línea con las verticales correspondientes á sus extremos, método reducido por los matemáticos italianos á la simple observacion del horizonte del mar, hecha desde una altura conocida; pero tales procedimientos, aunque ofrecen la ventaja de no exigir referencia alguna á los cuerpos celestes, se hallan sujetos al considerable error ocasionado por las refracciones atmosféricas. Riccioli y otros ilustres profesores de Bolonia verificaron en las cercanías de aquella ciudad, célebre en los fastos del saber humano, diversos trabajos geodésicos, combinando el método de Kepler con el de triangulaciones, y utilizando ya para sus cálculos el poderoso medio de abreviacion con que cuarenta años ántes habia enriquecido Neper las ciencias matemáticas, al publicar sus famosas tablas de logaritmos.

Las doctrinas filosóficas que dirijian la actividad humana hácia la perseverante observacion de los hechos como firmísima base de las elevadas teorías que los esplican y resumen, contribuyeron en gran manera á los numerosos descubrimientos físicos del siglo XVII, entre los cuales se cuentan el termómetro y barómetro, los microscopios, telescopios, micrómetros y relojes de péndola, aplicables todos al estudio de la forma de nuestro planeta. Habiendo adaptado Morin á los sectores graduados las pínulas telescópicas ó anteojos, é introducido por Malvasía el uso de los retículos, pudo ya el ilustre Picard, imaginando medios de corregir el error de *colimacion*, hacer observaciones astronómicas de gran exactitud, y llevar á cabo en 1669, entre París y Amiens, una

triangulacion geodésica que, dando á conocer con alguna certeza la magnitud de la tierra, sirvió al inmortal Newton para calcular la fuerza que retiene en su órbita á la luna, y comprobar así la admirable ley de la atraccion universal. Los Cassinis prolongaron despues el trabajo de Picard, hasta comprender de Perpiñan á Dunkerque, un arco de meridiano de ocho grados y medio de amplitud; y á fin de reducir los lados al nivel del mar, observaron, contando ya con el efecto de las refracciones, los ángulos de elevacion de unos vértices respecto de otros, haciendo además uso del barómetro, que Pascal habia aplicado desde 1648 á la determinacion de la altura de las montañas. El astrónomo Manfredi empleó tambien un cuadrante provisto de anteojos, en sus operaciones geodésicas entre Padua y Bolonia.

Era llegado el momento en que la idea trascendental del infinito, que el espíritu humano encuentra como orígen y término necesario de todas sus concepciones sin poder abarcarla nunca por completo, viniese á fecundar con nuevos y luminosos principios la ciencia de las verdades abstractas. Oculto el infinitamente pequeño en las aproximaciones sucesivas del método de *exhaustion* de los antiguos, aparece ya en los máximos y mínimos de Nuñez, y va mostrándose cada vez con mayor claridad en la *Stereometría* de Kepler, en los *indivisibles* de Caballieri, en los incrementos *desvanecientes* de Fermat, en las cuadraturas de Wallis, y en el triángulo elemental de Barrow, hasta que Newton y Leibnitz le presentan aislado en forma de algoritmo regular, haciendo de tan poderoso medio de simplificacion la base fundamental del análisis moderno. Prestándose admirablemente el nuevo cálculo al estudio de las leyes que rijen los fenómenos naturales, permite á los insignes matemáticos del siglo XVIII ensanchar los límites de la mecánica, y cifrar en fórmulas rigo-

rosas hasta las ligeras perturbaciones que, pareciendo interrumpir la armonía de los movimientos celestes, vienen sin embargo á confirmarla de una manera definitiva.

A este gran período de progreso científico corresponde en la geodesia otro no ménos notable. Reducida hasta entónces á investigar la magnitud de la tierra, sin poner en duda la forma esférica que, como mas sencilla y perfecta, le habian atribuido los antiguos, bien pronto el estudio de la verdadera figura del globo llama vivamente la atencion de los geómetras y de las corporaciones sabias. El astrónomo Richer, enviado por la Academia de París para observar los cuerpos celestes desde un punto próximo al ecuador, habia encontrado que en la isla de Cayena oscilaba mas lentamente que en Francia un péndulo de igual longitud, variacion indicada ya por algunas esperiencias hechas en Europa, y confirmada despues en distintos lugares de América y de Africa. El célebre Huyghens, esplicando estos hechos por la fuerza centrífuga desarrollada en la rotacion diurna, halló que las condiciones de equilibrio de la superficie del mar exigian en nuestro planeta una depresion ó achatamiento hácia los polos, análogo al observado ya en Júpiter. Al propio tiempo anunció Newton en sus inmortales *Principios*, que suponiendo la tierra primitivamente flúida y homogénea, debia, en virtud de su movimiento giratorio, haber tomado la figura de un elipsoide de revolucion, cuyo radio ecuatorial excediese próximamente en $\frac{1}{230}$ al semieje polar; teorema controvertido y tratado durante cerca de un siglo con todos los recursos del análisis, por geómetras tan eminentes como Bernoulli, Maclaurin, Clairaut, D'Alembert, Lagrange, Legendre y Laplace, el último de los cuales le demuestra por completo en el caso de una forma poco diferente de la esférica, presentando con mayor generalidad que sus predecesores la dificilísima teoría de la

atraccion de los esferoides, aplicada á los casos de densidad variable y de núcleos sólidos cubiertos en todo ó en parte por un flúido en equilibrio.

Los resultados de la triangulacion geodésica de Dunkerque á Perpiñan, y los de otra posterior dirigida desde Brest á Estrasburgo, hicieron suponer á varios matemáticos que nuestro globo era alargado en sentido de su eje; pero la opinion favorable al achatamiento triunfó por completo á consecuencia de las memorables expediciones enviadas en 1736 al ecuador y al círculo polar ártico. Esta última, dirijida por Maupertuis, esperimentó todos los rigores del clima de Laponia, pero pudo sin embargo determinar en corto tiempo la extension del grado de meridiano correspondiente á aquellas latitudes, estableciendo la base de su triangulacion sobre la superficie helada de un rio, como lo habia hecho ya en Holanda el célebre Snell. Los instrumentos empleados en tan notable expedicion sirvieron tambien para corregir la parte astronómica del trabajo de Picard, y muy poco despues emprendió Lacaille, no sólo una nueva medida de todo el arco entre Dunkerque y Perpiñan, sino tambien la de un grado del paralelo en las costas de Provenza, valiéndose de señales de pólvora para conocer la diferencia de longitudes.

El astrónomo Bouguer, acompañado de otros académicos franceses y de dos jóvenes oficiales, honra de la marina española, operaba entre tanto hácia el ecuador, uniendo por medio de triángulos geodésicos las nevadas cumbres de la cordillera de los Andes. Situados todos los vértices á mas de 8.000 pies sobre el nivel del mar, y llegando algunos á 16.000, desarrollábase ante los observadores el mas variado espectáculo. Al mostrarse el sol en el horizonte solian admirar el fenómeno notado entónces por vez primera, que consiste en proyectarse el contorno de las personas sobre las

nubes cercanas, apareciendo la sombra de la cabeza rodeada de una aureola de brillantes colores. Disipadas las nieblas matinales, descubrian á sus plantas un pais trastornado por las fuerzas interiores del globo, pero cubierto de la mas rica vegetacion, y durante la noche, llena bajo los trópicos de calma y magestad, contemplaban la luz apacible y sin centelleo enviada á la tierra por las constelaciones de ambos hemisferios. A tan gratas escenas sucedian otras de aterradora violencia: arrebataba el huracan las frágiles tiendas que servian á la vez de abrigo y de señales, temblaba el suelo agitado por fuertes terremotos, descargas eléctricas de horrible intensidad cubrian el ronco bramido de los volcanes, y las erupciones del Cotopaxí causaban centenares de víctimas humanas, extendiendo á lo léjos la desolacion y el espanto.

La cadena de triángulos quedó al fin terminada en una longitud de mas de tres grados del meridiano, siendo notables las observaciones astronómicas hechas con grandes sectores, así como las verificadas á uno y otro lado del gigantesco Chimborazo, con el objeto de reconocer el desvío de la plomada debido á la atraccion de las montañas. Las perchas de que se hizo uso para medir las bases extremas se comparaban con una regla de hierro, que conservando hasta hoy el nombre de *toesa del Perú,* ha venido á ser el tipo general de referencia para todas las modernas determinaciones geodésicas. Vueltos á Europa los comisionados despues de nueve años de gloriosos trabajos, dieron á luz separadamente el resultado de estos, siendo las obras en que consignaron los suyos Don Jorge Juan y D. Antonio de Ulloa traducidas en idioma estrangero, y justamente celebradas por los amantes de la ciencia, como lo fue despues el *Exámen marítimo* con que el primero de estos dos ilustres españoles alcanzó universal renombre, dando insigne muestra de su vasto saber en física y matemáticas.

Comprobado el achatamiento por la diminucion sucesiva de la longitud de los grados desde el polo al ecuador, y hechos ya por Bradley los admirables descubrimientos de la aberracion y nutacion, se consagran los astrónomos á determinar la curvatura de las diversas partes de la tierra. Lacaille en el Cabo de Buena-Esperanza, Boscovich en los Estados Pontificios, Beccaria en el Piamonte, miden con tal objeto arcos de diversas amplitudes, reconociendo el último de estos observadores la influencia ejercida por la masa de los Alpes sobre la direccion de la plomada, trabajo ejecutado tambien por Maskelyne en la montaña Schehallien, de Escocia. Determina Liesganig otro arco al norte de Viena, hasta cuya capital estiende Cassini la triangulacion dirijida desde Brest perpendicularmente al meridiano de París. El mismo Liesganig opera de nuevo en Hungría, al propio tiempo que Mason y Dixon llevan á cabo en las costas de la América setentrional la medida directa de una longitud de veintinueve leguas.

Dedicados los mas ilustres geómetras al estudio de los fenómenos ópticos, preparan el descubrimiento de los anteojos acromáticos, tan superiores á los ordinarios en el aumento y belleza de las imágenes. Hácia esta época introduce Tobías Mayer el ingenioso principio de la medicion sucesiva de un mismo ángulo, orígen de los círculos repetidores construidos despues por hábiles artistas, y que ofrecen la ventaja de atenuar el error de graduacion; si bien la falta de estabilidad consiguiente al doble juego de sus ejes ha hecho que sean ya muy poco usados por los observadores modernos.

Provistos de grandes instrumentos dan principio los ingenieros ingleses á la red geodésica de la Gran Bretaña, emprendiendo Topping en las costas de la India la medicion de un arco de meridiano. Cruza el canal de la Mancha la primera triangulacion, que va á unir el observatorio de París con el

de Greenwich, presentando con tal motivo el ilustre Legendre su célebre teorema del triángulo plano correspondiente al esférico, así como sus fórmulas generales para conocer la posicion que ocupan sobre el esferoide terrestre los diversos puntos ligados por observaciones angulares.

Desde que la accion variable de la gravedad dió el primer indicio de la diferencia entre los diámetros ecuatorial y polar de nuestro planeta, empezó á usarse el péndulo para medir, no solo el tiempo, sino tambien el espacio y la atraccion de la materia, enlazándose así en un aparato de admirable sencillez los tres grandes aspectos bajo los cuales considera el geómetra todo cuanto existe en el universo. Entre las observaciones de este género que proporcionaron nuevos datos para el estudio de la forma y densidad de la tierra, son notables, por los muchos y diversos lugares en que tuvieron efecto, las verificadas por los marinos españoles de la célebre expedicion de Malaspina, que partiendo de Cadiz en 1789 llevó á cabo durante cinco años la serie mas completa de trabajos astronómicos y físicos ejecutada hasta entónces en las costas de ambos hemisferios. Daba mayor interés á estas determinaciones de la gravedad el deseo manifestado por los matemáticos de distintos paises, de adoptar la longitud del péndulo de segundos como tipo métrico universal tomado de la naturaleza misma, segun lo habia propuesto ya Huyghens al idear su *pie horario;* si bien la variacion dependiente de la latitud y el efecto de las atracciones locales, hacen siempre necesaria la referencia á un punto determinado del globo.

La Francia, en los terribles dias de su gran revolucion, se propuso tambien fijar la unidad general de medida, deduciéndola de la magnitud del meridiano terrestre, á cuyo fin los célebres astrónomos Delambre y Mechain establecieron una nueva cadena entre Dunkerque y Perpiñan, prolongándola el

último por nuestro territorio hasta llegar á Barcelona. Una comision de sabios de distintos paises, en la que España estuvo representada por Ciscar y Pedrayes, determinó, fundándose en estas observaciones, la longitud del *metro* ó tipo fundamental del moderno sistema de medidas, cuyo uso, si no se ha generalizado tanto como fuera de desear, va extendiéndose sin embargo de dia en dia entre los pueblos de orígen latino.

Los trabajos geodésicos reciben en nuestro siglo el mas vasto desarrollo. Mide de nuevo Svanberg el arco de Laponia, y poco despues Biot y Arago, acompañados de los matemáticos españoles Chaix y Rodriguez, prolongan la cadena de Mechain á lo largo de las costas de Valencia, enlazando con ellas las islas de Ibiza, Formentera y Mallorca. Tras los ejércitos franceses, victoriosos en Italia y Alemania, marchan ingenieros geógrafos que cubren de triángulos gran parte de los paises ocupados; y cuando despues de heróicos combates retroceden vencidos los invasores, y descansa la Europa de tan prolongada lucha, casi todas las naciones, rivalizando ya solamente en el pacífico campo de la ciencia, procuran conocer con exactitud el territorio que habitan, y acumulan nuevos datos para la resolucion del importante problema de la figura de la tierra. Estudia Zach los efectos de la atraccion de las montañas operando en la vertiente meridional de los Alpes, cuyas cumbres corona mas tarde Dufour con una red de triángulos próxima á los trabajos del mismo género efectuados en Baviera. Apoyándose en las operaciones de Delambre, y adoptando la mayor parte de sus métodos de observacion y de cálculo, extienden los oficiales franceses sobre el territorio de su pais nueve grandes cadenas geodésicas, siendo la que corresponde al paralelo medio entre el ecuador y el polo continuada por los geómetras italianos hasta terminar en el Adriá-

tico. El infatigable Marieni establece, partiendo desde Nápoles, una serie no interrumpida de triángulos, que enlaza en Polonia con el inmenso trabajo de los rusos, prolongado por los suecos y noruegos, y que comprende desde las costas del mar Glacial hasta la desembocadura del Danubio, un arco de meridiano de 25 grados de amplitud. El grande astrónomo Bessel lleva á cabo en la extremidad oriental de la Prusia una triangulacion, modelo de todas las posteriores, extendiéndola Baeyer hasta unirla con los trabajos análogos de Dinamarca, Hannover y Bélgica, al norte de la cual ha renovado Krayenoff la antigua operacion de Snell. Completan los ingleses la bella red geodésica que cubre el territorio de la Gran-Bretaña y de la Irlanda, determinando el desvío de la plomada en las cercanías de Edimburgo, y haciendo observaciones del péndulo en la boca y el fondo de la mina de hornaguera de Harton, á fin de conocer la densidad media de la tierra. Al otro lado del Atlántico los norte-americanos cubren sus costas de grandes triángulos, al mismo tiempo que en Asia, Lambton y Everest, trasportando en camellos y elefantes sus magníficos instrumentos de observacion, continúan la medida de Topping, llevándola desde el extremo meridional de la India hasta la gigantesca cordillera del Himalaya.

Disponiendo del tesoro de preciosos conocimientos acumulado por tantos y tan distinguidos geómetras, emprende al fin la España sus trabajos geodésicos, que bien pronto cruzarán la Península desde el Pirineo al antiguo Peñon de Calpe, llegando así al extremo de la Europa, para lanzarse despues al Africa, la gran triangulacion que une ya la Irlanda y la Italia con las costas del mar Caspio y con las últimas islas de la Noruega, en las heladas regiones del polo.

Las altitudes ó alturas sobre el nivel del mar, consideradas durante largo tiempo como de un interés secundario, se de-

terminan hoy con toda la posible exactitud, y hasta son objeto de trabajos especiales, en que no se omite medio alguno de atenuar la influencia variable de las refracciones atmosféricas. En todos los paises cruzados por cadenas geodésicas ha sido medida la altura de las principales montañas; y las operaciones ejecutadas á lo largo del Pirineo y al través de la Europa central prueban que, prescindiendo de la accion de las mareas, de los vientos y de las corrientes, el Océano y el Mediterráneo, así como el Adriático, el mar Negro y el Báltico, forman una sola superficie de nivel, la cual comprende igualmente á las aguas que bañan ambos extremos del Istmo de Suez. Un bello trabajo efectuado al norte del Cáucaso, presenta por el contrario, el nivel del mar Caspio como bastante inferior á dicha superficie general de equilibrio.

Brunner, Repsold y otros habilísimos artistas, construyen instrumentos geodésicos susceptibles de todo género de rectificaciones, y á los cuales aplican los medios empleados en los observatorios astronómicos, sustituyendo el nonio con microscopios micrométricos de notable precision. Este sistema se introduce tambien en los aparatos de medir bases, que desde las antiguas perchas de madera puestas directamente en contacto, han llegado á convertirse en grandes termómetros metálicos, cuyos intervalos se aprecian, ya con cuñas de cristal, ya con la indicada observacion microscópica. Las señales establecidas en los vértices varían en los distintos paises, prefiriéndose hoy para los trabajos de gran exactitud las miras planas y el heliotropo de Gauss, que reflejando la luz del sol la envia á inmensas distancias en forma de brillante estrella. El admirable descubrimiento de la telegrafía eléctrica, que lleva casi instantáneamente la palabra humana á las regiones mas remotas, proporciona al fin los medios de conocer con extraordinaria precision la diferencia de longitudes, y viene á

servir de poderoso instrumento para el estudio de la forma de nuestro planeta.

Las diversas y multiplicadas observaciones que en la geodesia moderna concurren á determinar los valores definitivos de los ángulos y las coordenadas geográficas de los vértices, han hecho insuficiente el procedimiento de tomar los términos medios, conocido ya de los antiguos, reemplazándole un sistema de compensacion de errores fundado en los métodos analíticos, que con el nombre de teoría de las probabilidades viene siendo objeto, desde Pascal y Fermat, de las especulaciones de los mas eminentes matemáticos. Este sistema ha servido tambien para deducir de los grandes trabajos geodésicos la figura y magnitud de la tierra, la cual, aunque presentando numerosas irregularidades, difiere poco de un elipsoide de revolucion cuyo semidiámetro ecuatorial excede al polar en 21 kilómetros, ó sea en dos veces y media la altura de la montaña mas elevada del globo. El achatamiento de $\frac{1}{299}$, que el insigne Bessel ha encontrado combinando diez medidas de arcos de meridiano, concuerda exactamente con el resultado de la medicion de varios grados de paralelo, y se halla intermedio entre el que indican las oscilaciones del péndulo observadas en ambos hemisferios por Biot, Kater, Sabine y Freycinet, y el deducido por el ilustre Laplace de la influencia que ejerce nuestro planeta en los movimientos de la luna; sirviendo el indicado valor del achatamiento, atendida la velocidad de la rotacion diurna, para confirmar la hipótesis que considera la tierra como primitivamente flúida, y aumentando de densidad desde la superficie hácia el centro.

Tales son, Señores, en tosco y desaliñado resúmen, los esfuerzos hechos por el hombre para conocer geométricamente el globo que habita. Pasando de las simples conjeturas á las medidas directas, y de éstas á los métodos trigonométricos, al

vision telescópica y el prodigioso desarrollo alcanzado por los diversos ramos del saber en los dos últimos siglos, le permiten elevarse al conocimiento de la verdadera figura de nuestro planeta, viniendo las grandes teorías de la mecánica celeste á confirmar el resultado general de las determinaciones geodésicas. Aun cuando estos trabajos no sirviesen de base en todos los paises cultos á la formacion de los mapas topográficos, tan útiles al progreso material de los pueblos, lo mucho que han contribuido al adelantamiento de las matemáticas bastaria para conquistarles el aprecio de los que, consagrando su inteligencia al estudio de las sublimes leyes del tiempo y del espacio, encuentran en la contemplacion de la verdad sin sombra alguna de duda, un manantial de purísimos goces, en medio de los cuales no pueden ménos de sentirse arrebatados de religiosa admiracion hácia Aquel de quien procede todo conocimiento verdadero. Que es la ciencia en el hombre como el fecundante curso de las aguas en la naturaleza: misteriosa emanacion del Océano sin límites de la eterna Sabiduría, nace débil hilo de plata del seno de la humana flaqueza, avanza con esfuerzo por áspero camino, y si logra no perderse en el cenagoso campo del error, sigue ya con acrecentado caudal embelleciendo cuanto toca, hasta confundirse de nuevo en el piélago de la Verdad infinita, que le atrae con fuerza irresistible.

Al Exmo Sor D. Manuel Garcia Gallardo
Su affmo amigo y compañero
Vicente V. Queipo

CONTESTACION

AL DISCURSO ANTERIOR

POR EL EXCMO. SR. D. VICENTE VAZQUEZ QUEIPO,

ACADEMICO DE NUMERO.

Señores:

Solo cediendo á la amistad, y á las respetables, y para mí siempre preceptivas, insinuaciones de nuestro dignísimo Presidente he podido tomar sobre mis débiles hombros el honroso, pero dificilísimo cargo de contestar el elocuente y erudito discurso que acabais de oir sobre una materia, que si bien la cultivé con pasion en mi juventud, hace mas de 30 años, he dado completamente al olvido. No espereis, pues, que siga al nuevo Académico á la altura á que se ha elevado en la reseña histórica de uno de los ramos, que mas inmediatamente ha contribuido al prodigioso vuelo tomado de dos siglos acá por las ciencias matemáticas, que tan poderosa influencia han ejercido en el desarrollo de la inteligencia humana. A nadie correspondia tampoco tratar este asunto con la lucidez y copia de datos que lo ha hecho, como al entendido profesor que, uniendo la teoría á la práctica, habia sabido á la vez perfeccionar los instrumentos y hacer uso de ellos en la medicion de la base que ha de servir de fundamento al primer mapa, verdaderamente geodésico, de nuestra Península. Todos conoceis los detalles de esa delicada y penosa operacion, con que se hubieran honrado los primeros

geómetras de otras naciones, y que llevada á cabo con una rapidez y exactitud que podrian haber igualado, pero no escedido, los sabios estrangeros, ha dado una prueba mas á la Europa de que libre la España de las discordias intestinas que agotaban sus fuerzas, emprende con nuevo ardor el cultivo de las ciencias, siguiendo el glorioso ejemplo de sus antepasados. Cuando el Sr. Saavedra no tuviera otros muchos títulos que le recomendaran á vuestra consideracion, este solo le hubiera hecho merecedor del honroso puesto que le habeis concedido, pues que además de la gloria científica que sus trabajos y los de sus dignos compañeros reflejan sobre la nacion, han de ser estos tambien grandemente fecundos en útiles consecuencias para la administracion del pais.

El conocimiento mas ó menos perfecto de la tierra que habitamos es tan indispensable al hombre desde los primeros albores de la sociedad, que aun cuando no fuese una consecuencia natural de su instintiva curiosidad, todavía sus propias necesidades le obligarian á dirijir sus investigaciones en este sentido. ¿Cómo podrian, en efecto, comunicarse entre sí las diferentes tribus y aun las diferentes familias que constituyeron el primer núcleo de los Estados, sin un conocimiento mas ó menos exacto de los montes y de los valles, de los rios y cañadas que los separaban? Natural es que estas primeras ideas, como todas las que ha adquirido el hombre en su infancia, las fijase en la memoria; pero cuando tuvo necesidad de trasmitirlas á otras personas, forzoso le sería representar gráficamente los objetos mas notables del terreno que habian de recorrer aquellas antes de llegar al punto á que se dirijian. En resúmen, tenia que formar un croquis del pais que se proponia dar á conocer; y tales fueron sin duda los primeros mapas, ó mejor dicho, planos topográficos que formaron los hombres.

Mas tarde, cuando las observaciones astronómicas hicieron ver que una misma constelacion ocupaba diversas posiciones, no solo en las diferentes horas de la noche sino en los diferentes puntos de la tierra, los hombres concibieron la idea de referir á ellas, ó mejor dicho á la esfera celeste, estos mismos puntos, echando así el fundamento de la verdadera geodesia. La historia, á lo menos la trasmitida por los griegos, atribuye á *Anaximandro de Mileto* la construccion de la primera carta geográfica, como unos 600 años antes de la venida de Cristo; pero hoy sabemos que los egipcios y los caldeos precedieron muchos siglos á los griegos en el conocimiento de los fenómenos celestes, con los cuales está necesariamente ligado el estudio de la forma y la dimension de la tierra. No es decir esto que los antiguos egipcios hubiesen adquirido una idea, ni aproximada siquiera, de ambas cosas; pero es indudable que debieron intentarlo, y de ello tenemos una prueba en las tradiciones de los mismos griegos, que atribuian al gran *Sesostris*, tal vez el *Sesortesen*, tercer Faraon de la XII.ª dinastía, mas de 2.000 años antes de la era cristiana, la idea y la ejecucion de levantar una carta general de sus prodigiosas conquistas. Pero de estos primeros esbozos, que otra calificacion no merecen, á las cartas geográficas dignas de este nombre, hay la misma distancia que de los primeros signos ó geroglíficos pictóricos que han trazado los hombres, al alfabeto sencillo y perfeccionado de que hoy nos servimos.

Trascurrieron no años, sino muchos siglos, antes que los astrónomos y los geógrafos de la antigüedad pudiesen representar, siquiera fuese groseramente, la forma de los continentes, ni aun la de una provincia ó estado de corta estension. Faltos de medios científicos para ligar entre sí los puntos inaccesibles, tenian que limitarse á los pocos que podian medir directamente: y por eso las cartas itinerarias parecen

ser las primeras y mas antiguas que han trazado los hombres; como que eran tambien las mas necesarias para sus espediciones militares en un principio, y mas tarde para su comercio. Pero aun de las cartas de este género atribuidas á *Agathodemon*, *Eratóstenes* y *Marino de Tirio*, ni una sola ha llegado á la posteridad; y en cuanto á las que corren bajo el nombre de *Tolomeo*, es hoy bien sabido que fueron confeccionadas en los siglos XIII y XIV con arreglo á las obras de este insigne astrónomo y geógrafo; del mismo modo, y acaso por los mismos árabes que formaron, ó corrijieron cuando menos, los tratados de pesas y medidas que van á continuacion de las obras de Galeno.

El mapa mas antiguo que realmente poseemos es la carta itineraria del imperio romano, llamada de *Peutinger*, descubierta por su amigo *Conrado Celtes* en una antigua biblioteca de Spira; y publicada despues de su muerte por *Marco Velser*, que tuvo la fortuna de hallarla entre los manuscritos de aquel célebre anticuario. Ignórase á punto fijo la época de su formacion; aunque la opinion mas comun, y la que parece mejor fundada, es la de que fué construida en Constantinopla por orden del Emperador *Teodosio*, hácia el año 393, ó segun otros el 435. *Peutinger* la suponia mas antigua, y la hacia subir hasta *Antonino Pio*, como complemento de su famoso itinerario; si bien no falta quien la da un origen mucho mas reciente, hácia fines del siglo XII. Sin entrar ahora en una discusion agena de mi objeto, es indudable que esta carta es el monumento mas antiguo que de este género poseemos.

Posterior á ella viene la del monje *Comas Indicopleustes*, es decir, *navegante en los mares índicos*, porque en efecto habia visitado, siendo comerciante y antes de su ingreso en el claustro, una gran parte de la India, y muy particularmente la isla Taprobana (hoy Ceilan), de la que nos da

una descripcion muy detallada en el libro XI de su *Topografía cristiana*. Acompañan á esta obra, publicada por el P. *Montfaucon* en su *Collectio nova Patrum et scriptorum græcorum*, cuatro láminas, en una de las cuales nos describe la tierra representada por un paralelógramo cuyo lado mayor es doble del menor, alzando sobre ellos cuatro muros, en los que se apoya la bóveda celeste. Esta ligera indicacion basta para darnos á conocer el estado de atraso de la ciencia geográfica hácia mediados del siglo VI, en que escribia el autor.

Menos defectuosas, aunque muy distantes de la perfeccion, son las cartas que el árabe *Edrisi* construyó en el siglo XII, y que sirvieron de fundamento á las publicadas posteriormente por los demás cosmógrafos de su nacion.

Acercábase mientras tanto, con el restablecimiento del órden por la destruccion del feudalismo, la época del renacimiento de las letras, tan fecunda en descubrimientos de todo género, y de la cual data, puede decirse tambien, el renacimiento de la verdadera astronomía. *Copérnico* publica en 1543 su inmortal obra *De orbium cœlestium revolutionibus*, á la que sobrevivió muy pocos dias. Sucédenle otros astrónomos insignes, como *Ticho-Brahe*, *Keplero* y *Galileo*, que preparan los descubrimientos del inmortal *Newton*. Pero lo que sobre todo dió un impulso decisivo al estudio de la astronomía, y con él al de la geodesia y en general al de todas las ciencias fundadas en el cálculo y en la observacion, fué la creacion de las Academias ó corporaciones científicas establecidas en Francia y en Inglaterra al rayar los dos tercios del siglo XVII. En su seno, donde depositaban y discutian los primeros sabios de la época sus multiplicadas é importantes observaciones, se echaron los fundamentos de los grandes descubrimientos que en astronomía,

física y matemáticas inmortalizaron aquel siglo y el siguiente. A ellos se debe el primer anuncio de los satélites de Saturno, descubiertos por *Huyghens* y *Casini*, como 50 años antes lo habian sido los de Júpiter por *Galileo;* la primera determinacion científica de la magnitud y figura de la tierra; la aplicacion del péndulo á los relojes; la sustitucion de los anteojos á las simples *alidadas* en los cuadrantes de círculo y demás instrumentos de precision; y en resúmen, cuantos descubrimientos importantes se hicieron desde aquella memorable época en la historia del espíritu humano. Pero seamos justos con la antigüedad. El hombre no progresa en sus conocimientos sino lentamente; y á la manera que el arquitecto que pone la clave de una soberbia cúpula, no es ni puede considerarse como el único autor de aquel grandioso monumento, así tambien los modernos, continuando y perfeccionando los trabajos de los antiguos, no pueden privar á estos de la gloria de haber echado sus fundamentos.

Cómo y de qué manera los han llevado á cabo los modernos y la parte que en ello han tenido muchos de nuestros mas distinguidos sabios, os lo ha dicho el nuevo Académico en su brillante y ameno discurso. Poco ó nada podria añadir sobre este asunto, que fuese digno de consideracion. Un punto hay sin embargo que ha debido llamar vuestra atencion, y es el empeño con que los sabios han querido llevar al último grado de perfeccion el conocimiento de la verdadera figura de la tierra. ¿Qué importancia podia tener esta determinacion en las aplicaciones mas directas y usuales de la geodesia á la construccion de los mapas y cartas geográficas, ora fuesen generales, ora especiales de algun vasto territorio, y aun de un estenso continente? La hipótesis de la figura esférica de la tierra, acusada por las observaciones de los eclipses de luna, ¿no era suficientísima para dar á las cartas geográ-

ficas toda la exactitud apetecible respecto del uso á que se destinan? Indudablemente que sí. ¿De qué serviria en efecto conocer la irregularidad y desigualdad de los meridianos, ni su forma ligeramente elíptica, si no habia posibilidad de trasladarla al papel, aun en las cartas y planos construidos en grande escala? Claro es pues que el empeño que en este punto han formado los sabios debe nacer de otras consideraciones mas elevadas, de las cuales depende la resolucion de los problemas mas trascendentales de la física de nuestro globo, y aun de la mecánica celeste. Y es que en efecto, Señores, en el sistema del Universo, donde como dicen los sagrados libros, todo está sujeto á *peso*, *número* y *medida*, nada hay aislado; y los hechos al parecer mas insignificantes revelan la Omnipotencia divina, y nos conducen al conocimiento de las leyes generales, impuestas por el Supremo Hacedor á la materia con que formó el Universo.

La primera cuestion, ya que no la mas importante, por que todas lo son en sumo grado, á cuya solucion puede conducirnos el conocimiento perfecto de la figura de la tierra, es la de revelarnos su estado originario, cuando la poderosa diestra del Omnipotente la lanzó en la inmensidad de los espacios por una impulsion oblícua que, sometiéndola á un movimiento de rotacion periódico, simultáneo con el de traslacion, dió orijen á la alternativa de los dias y las noches y de las estaciones, y con ella á las diferentes fases que presenta la vida, y hasta el desarrollo de la inteligencia humana sobre la superficie de nuestro globo. Si, prescindiendo por un momento de la antorcha de la fé, pudiéramos poner en duda la espiritualidad de nuestra alma, y su orijen como un destello, aunque en grado infinitamente mínimo, de la suprema Inteligencia que creó y ordenó la asombrosa máquina del universo, bastaria para convencerse de esta verdad, ver al hom-

bre elevarse por medio de la observacion al conocimiento de las leyes generales que han presidido á la ordenacion, y aun á la creacion de esos innumerables globos que pueblan la inmensidad del espacio. No es pues estraño que el hombre, que el primero supo deducir del simple atraso de un péndulo la figura esferoidal de la tierra, y con ella el estado ~~orijinario~~ de fluidez, ó semifluidez á lo menos, que tenia en el orijen de los siglos el globo que habitamos, se prosternara, como lo hacia el inmortal *Newton*, ante el nombre del Supremo Hacedor, á cuya contemplacion le elevaba la grandeza de sus mismas maravillas.

Enviado por la Academia de Ciencias el astrónomo francés *Richer* á la isla de Cayena para observar la oblicuidad de la eclíptica y el efecto de las refracciones atmosféricas, notó con sorpresa que el péndulo de segundos, perfectamente arreglado en París, atrasaba sensiblemente en aquella. Divulgado mas tarde este hecho en Europa, y apenas conocido de *Newton*, ó guiado tal vez, como suponen otros, por sus profundas miras teóricas, indicó en su inmortal obra de los *Principios*, no solo la causa de este fenómeno, debido á la disminucion de la pesantez en el ecuador por la mayor fuerza centrífuga de que se hallan animados en él los cuerpos terrestres, sino que dedujo igualmente de aquí el achatamiento de los polos y la forma esferoidal de la tierra, en el supuesto de que orijinariamente se hubiese hallado en el estado de fluidez ignea y de una densidad homogénea en sus diferentes capas concéntricas. Bien pronto las academias científicas, y hasta los principales gobiernos de Europa rivalizaron en celo y esfuerzos para determinar la verdadera figura de la tierra por medio de la medida directa de diferentes arcos de meridiano á diversas latitudes, con el objeto de verificar la exactitud ó discrepancia de los resultados con la teoría de *Newton*. Tal

ha sido la causa impulsiva de la multitud de trabajos geodésicos emprendidos en las dos últimas centurias, y continuados todavía en la presente, y que tanto han contribuido no solo á la perfeccion de la teoría de la tierra y de su satélite la luna, sí que tambien á la de los métodos analíticos, que á su vez han abierto un anchuroso campo á las investigaciones de la inteligencia humana.

Los trabajos de todos estos sábios dieron por resultado la confirmacion de la teoría de *Newton*, si bien con la modificacion que exijia la hipótesis demasiado general de una homogeneidad en las capas de la tierra, incompatible con las muchas vicisitudes por las cuales ésta habia pasado. Estaba reservado á los ilustres *Clairaut*, *D'Alambert* y *Legendre* demostrar la perfecta armonía de la teoría neutoniana con las minuciosas particularidades que ofrece la observacion, tomando en cuenta los diversos y multiplicados elementos que entran en su apreciacion. Comparando en efecto el valor numérico del achatamiento de los polos con el movimiento de rotacion de la tierra, han deducido los astrónomos, como lo hicieron igualmente para Júpiter y Saturno, que las capas concéntricas de nuestro planeta no eran homogéneas como habia supuesto *Newton*, sino que seguian una progresion crescente, desde 1½ en que puede regularse la densidad media de la superficie hasta 16¼ que deben tener las del centro. De suerte que para los que saben leer en el gran libro de la naturaleza, la forma esferoidal de la tierra, deducida hoy del cálculo y de la medicion directa de muchos arcos de meridiano, les ofrece una demostracion tan evidente de su constitucion interna y de su estado ígneo al orijen de los siglos, como puede dársela al profundo geólogo el exámen de las rocas y terrenos que constituyen la corteza de nuestro planeta. De este conocimiento cierto, positivo, indudable, á determinar el modo

como se ha formado este globo ígneo, hay una inmensa distancia, que en vano con su atrevido vuelo ha querido salvar alguna vez el espíritu humano, sin reflexionar que si el Hacedor le permite conocer la belleza y grandiosidad de las leyes que presiden al movimiento de los astros, jamás le será dado penetrar el arcano que constituye la esencia de la misma Divinidad.

La figura esferoidal de la tierra, no solo condujo á *Newton* al conocimiento de su estado pastoso ó de fluidez primitiva, sino que le sirvió para la resolucion de otros muchos problemas de la mas alta trascendencia. El fenómeno descubierto hace 2.000 años por *Hypparco*, el mas insigne astrónomo sin disputa de la antigüedad, y que constituye lo que se llama *la precesion de los equinoccios*, es decir, la aceleracion del año solar, que en el período de 25.800 años hace variar de posicion á todas las constelaciones relativamente á los polos de la tierra, depende de la figura de esta, sobre cuya masa aglomerada hácia el ecuador actuan las fuerzas atractivas del sol y de la luna. Tal fué la solucion de este importantísimo problema, adivinada mas bien que demostrada por *Newton*, con aquella sagacidad, aquella fuerza de ingenio que le condujo á considerar el diamante como un cuerpo combustible y el agua como compuesta de un principio inflamable, un siglo antes que el inmortal *Lavoissiere* hubiese demostrado esperimentalmente la naturaleza de ambos cuerpos. Pero si *Newton* previó que la forma esferoidal de la tierra era la verdadera causa de la precesion de los equinoccios, *D'Alambert* fué el primero que demostró cómo actuando nuestros dos grandes luminares sobre el esceso de materia acumulada en la zona ecuatorial por encima de la esfera, cuyo diámetro fuese la línea que une los polos, debia producir sobre ella una accion retardatriz que, comunicán-

dose á toda la masa terrestre, ocasionaba el movimiento en virtud del cual el eje polar vuelve á su primitiva posicion respecto de las estrellas, en un período de 26.000 años en número redondo.

La accion del sol y la luna sobre la protuberancia ecuatorial, debia hacer presentir la que á su vez producirian las desigualdades de la última sobre el eje de la tierra: y si bien es casi seguro que esta analogía no se habria ocultado al profundo genio de *Newton*, ni el cálculo ni la observacion estaban entonces bastante adelantados para ponerla en evidencia. *Bradley* fué el primero que observó que las estrellas, aun correjidas del efecto de la aberracion (cuya ilusion óptica habia ya esplicado con tanta felicidad como brillantez, atribuyéndola á la velocidad de la luz combinada con la de la tierra en su órbita) se acercaban y separaban alternativamente del polo en la pequeña cantidad de 9 segundos; y como el movimiento era comun á todas ellas, aunque en diferente grado segun su posicion, dedujo con muchísimo acierto, á la manera que lo habia hecho *Copérnico* respecto del movimiento diurno, que el fenómeno no provenia de una variacion simultánea, improbable y casi imposible, de toda la esfera celeste, sino simplemente de la oscilacion que el eje de la tierra esperimentaba en torno de su posicion normal. Tal es el fenómeno que los astrónomos conocen con el nombre de *nutacion* ó deviacion, y en virtud del cual, en un período de 18 años y $\frac{2}{3}$, describen los polos de la tierra sobre la esfera celeste un pequeño círculo de 18 segundos de amplitud. *D'Alambert*, que habia demostrado la proposicion sentada por *Newton*, á saber: que la figura esferoidal de la tierra era la causa de la precesion de los equinoccios, demostró igualmente que á ella se debia tambien el fenómeno de la nutacion terrestre. Pero como en la naturaleza la accion de un cuerpo

sobre otro engendra necesariamente una reaccion igual y contraria, de ahí el que la forma de la tierra, que produce la nutacion de su eje por la accion de ciertas desigualdades en la órbita de la luna, ocasione á su vez igual fenómeno en el eje de este satélite, fenómeno observado ya, aunque sin conocer la causa, por el célebre *Tycho-Brahe.*

El conocimiento de la figura de la tierra y de las causas que la han producido, nos condujo por analogía á suponer la forma elipsoidal de la luna, y á hallar por este medio la esplicacion natural y sencilla del fenómeno mas sorprendente que ofrece la mecánica celeste. Todos sabemos que la luna ha presentado, presenta, y presentará probablemente siempre á la tierra hasta la consumacion de los siglos, el mismo hemisferio; fenómeno que demuestra no solo que la luna tiene necesariamente un movimiento de rotacion, sino tambien, y esto es lo que constituye su singularidad, que el movimiento angular de su rotacion es igual al de traslacion en su órbita. ¿Qué conexion ó enlace puede haber entre la impulsion primitiva que la lanzó en el espacio y la direccion de esta fuerza relativamente al centro de gravedad de la luna para que guarden entre sí la perfecta igualdad que se observa entre ambos movimientos? La análisis no nos ha dado hasta el presente la solucion satisfactoria de este problema; pero lo que no consiguió la análisis, nos lo revela la analogía. La accion de la tierra sobre la luna cuando aún esta no se habia solidificado, debió producir, si me es permitida esta espresion, una fuerte y permanente *marea*, que acumulando su materia líquida hácia la parte de la tierra, como las aguas del Océano se acumulan por la accion de la luna, prolongó considerablemente el radio lunar en esta direccion, y desalojando su centro de gravedad sobre el que actúa la tierra, á la manera que lo haría sobre un péndulo, dió lugar á un equilibrio casi estable,

hácia el cual la llama siempre la accion de aquella por medio de pequeñas oscilaciones, conocidas con el nombre *libracion*. Así es como el estudio de la figura de la tierra y las causas que la han producido, nos condujeron á descubrir la de la libracion lunar.

Hasta aqui la observacion habia precedido siempre á la teoría, que se limitaba á esplicar los hechos consignados por la esperiencia. Pero el ilustre *Laplace*, elevando la teoría al mas alto grado de evidencia, la hizo servir para descubrir fenómenos que la observacion no habia ofrecido todavia. Auxiliado por sus profundos conocimientos analíticos, llegó este célebre astrónomo á descubrir dos perturbaciones en el movimiento de la luna, que afectaban su longitud y latitud, dependientes ambas del achatamiento de los polos, ó sea de la figura que presenta la tierra por la accion que ejerció sobre ella la fuerza centrífuga en su estado de incandescencia primitiva. Reconocidas y comprobadas numéricamente estas perturbaciones por el exámen comparativo de las antiguas observaciones, *Laplace* dedujo de ellas el achatamiento del esferoide terrestre; y ¡cosa singular! el cálculo le condujo casi exactamente para ambas al mismo resultado que las medidas directas del promedio de los diversos arcos de meridiano observados en este y el precedente siglo. ¡Qué cosa mas digna de admiracion, en efecto, que ver á un astrónomo determinar, sin salir de su observatorio, la figura de la tierra, que tantos años de penosos y prolijos trabajos habia costado á sus antecesores!

Las operaciones geodésicas no condujeron á los sábios tan solo al conocimiento de la figura de la tierra y de los interesantes problemas que con ella están enlazados, sino tambien á una determinacion exacta de sus dimensiones, de la cual depende otra multitud de fenómenos no menos importantes. La comprobacion de la gravitacion universal, presentada al

clarísimo ingenio de *Newton* desde el año 1666, cuando apenas acababa de cumplir su cuarto lustro, fué casi rechazada por este insigne geómetra, porque, al hacer su aplicacion al movimiento lunar, para determinar la intensidad de la atraccion que ejerce la tierra sobre su satélite, halló una diferencia mayor de una sexta parte que la que debia resultar siguiendo la ley recíproca del cuadrado de las distancias. Compréndese fácilmente que para comparar la velocidad de los graves en la superficie terrestre con la de la luna abandonada á su sola gravedad, era indispensable conocer con exactitud el radio medio terrestre, es decir, la distancia de la superficie al centro, espresada en unidades iguales á las que se emplean para valuar la velocidad de los graves en la proximidad de la tierra, puesto que esta velocidad es el primer término de comparacion que determina la intensidad de la pesantez á esta distancia. Pero esto supone una medida exacta de la circunferencia de la tierra, y las que hasta entonces se conocian eran en estremo defectuosas. Así es que *Newton*, sin renunciar á su profunda conviccion, y procediendo con la reserva que constituia la singularidad de su carácter, guardó el secreto hasta que en el año de 1682 tuvo noticia de la reciente medida de un arco de meridiano, verificada por *Picard*. Armado de este dato emprendió con nuevo calor y con plena fé la repeticion de su primitivo cálculo, y la mas completa coincidencia entre el resultado y la teoría vino á confirmar el gran principio que sirve de fundamento á la constitucion del universo. No debemos pues estrañar que la emocion que este brillante triunfo causó en su espíritu, le hubiese imposibilitado de terminar el cálculo, que se vió forzado á confiar á uno de sus discípulos.

El conocimiento exacto de la circunferencia y diámetro terrestres era igualmente necesario para deducir de las para-

lajes del sol y de la luna, su distancia á la tierra, y de consiguiente la de todos los demás planetas al sol, y la de los satélites á sus respectivos planetas. Verdad es que los progresos de la astronomía nos permiten hoy deducir la paralaje del sol, que tan penosos viajes, estudios y observaciones ha costado á los sábios del último siglo, de la simple teoría lunar y de otros varios fenómenos; pero no es menos cierto que al empeño y esfuerzos para determinarla, se debe el interés con que los astrónomos se dedicaron á perfeccionar la geodesia. El conocimiento de las paralajes combinado con el volúmen de la tierra y su densidad media, deducida de las oscilaciones del péndulo comparativamente á las que producen otras masas metálicas en la balanza de torsion, nos han conducido á determinar su masa, y con ella el volúmen, la densidad, la masa y el peso del sol y de la mayor parte de los planetas y satélites que forman su sistema. ¡Qué cosa mas pasmosa que ver al hombre, desde el punto imperceptible que ócupa en el universo, como ya lo decia Plinio, elevarse, no solo al conocimiento de las leyes generales que arreglan la marcha de los cuerpos celestes, sino determinar sus distancias, su volúmen, y hasta el peso de cada uno de ellos, como si los colocara en el platillo de una balanza!

Tales y tantas son, Señores, las consecuencias á que nos ha conducido el estudio perfeccionado de la geodesia, limitada en sus primeros pasos al conocimiento material del globo terráqueo. Hé aqui cómo las ciencias, aun las que parecen mas humildes en su principio, pueden llegar á colocarse, como la geodesia, en el primer rango por la importancia de sus aplicaciones, y servir de fundamento á la que mas directamente nos lleva á la contemplacion sublime de las inefables maravillas de la creacion. Honor, pues, á los insignes geómetras que han sabido elevarla á tanta perfeccion, como nuestro

nuevo Consocio os ha demostrado en su elocuente discurso; y ojalá que sus trabajos y los de sus dignos compañeros, que tanta utilidad y gloria han de procurar á la España, abran una nueva era para ella, y sirvan de noble estímulo á la numerosa juventud, que con tanto ardor se entrega en nuestras aulas al cultivo de las ciencias.—HE DICHO.